

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-348321

(43)Date of publication of application : 15.12.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/60

G11B 21/10

G11B 21/21

(21)Application number : 11-156196

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 03.06.1999

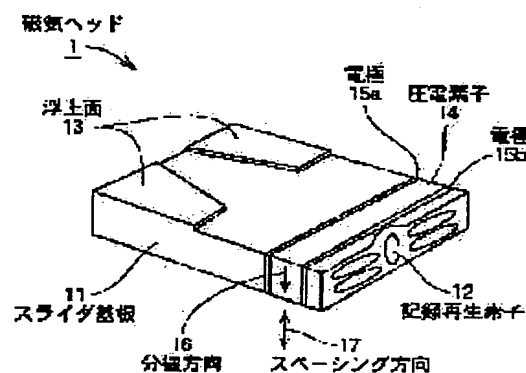
(72)Inventor : YANAGISAWA MASAHIRO

(54) MAGNETIC DISK DEVICE, MAGNETIC HEAD, MANUFACTURE OF MAGNETIC HEAD, AND MANUFACTURE OF MAGNETIC DISK DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase a linear recording density and a track density by attaching a recording/reproducing element to a magnetic head slider via a piezoelectric element, and displacing the piezoelectric element to finely adjust the position of the recording/reproducing element, and thereby realizing very small spacing and high track positioning accuracy.

SOLUTION: A piezoelectric actuator including a pair of electrodes 15a and 15b formed in both sides of a piezoelectric element 14 is provided in such a manner that one electrode 15a is placed to face the back end surface (air flowing-out side, end surface) of a magnetic head slider 11, and in the other electrode 15b side of the piezoelectric actuator, a recording/reproducing element 12 is provided in an electrically insulated manner. By providing the piezoelectric element 14 displaced in a spacing direction 17, spacing is controlled to be smallest. By providing the piezoelectric element displaced in a track direction, fine track position control is performed. By providing the piezoelectric element displaced in the rotational direction of a magnetic disk, the jittering of a reproducing signal is reduced.



LEGAL STATUS

Date of request for examination] 23.05.2000

Date of sending the examiner's decision of rejection] 12.11.2002

Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

Date of final disposal for application]

Patent number]

Date of registration]

Number of appeal against examiner's decision of rejection]

Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-348321

(P2000-348321A)

(43) 公開日 平成12年12月15日 (2000. 12. 15)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 1 1 B 5/60		G 1 1 B 5/60	Z 5 D 0 4 2
21/10		21/10	N 5 D 0 9 6
21/21		21/21	E
	1 0 1		1 0 1 Z

審査請求 有 請求項の数18 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-156196

(22) 出願日 平成11年6月3日 (1999. 6. 3)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 柳沢 雅広

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100079164

弁理士 高橋 勇

Fターム (参考) 5D042 NA02 PA01 PA05 QA03 QA10

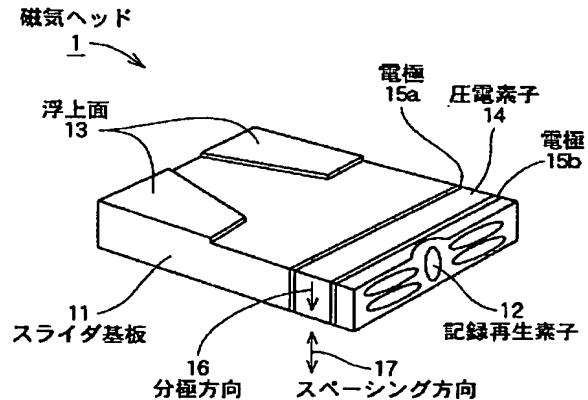
5D096 NN03

(54) 【発明の名称】 磁気ディスク装置、磁気ヘッド、磁気ヘッドの製造方法および磁気ディスク装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 磁気ヘッドスライダに圧電素子を介して記録再生素子を取り付け、圧電素子を変位させることで記録再生素子の位置を微調整することで、微少スペーシング、高トラック位置決め精度を可能にする。これにより、線記録密度、トラック密度を向上させる。

【解決手段】 圧電素子14の両側に1対の電極15a、15bを形成してなる圧電アクチュエータを一方の電極15aが磁気ヘッドスライダ11の後端面（空気流出側端面）に対向するように設けるとともに、圧電アクチュエータの他方の電極側15bに記録再生素子12を電気的に絶縁した状態で設ける。スペーシング方向17に変位する圧電素子14を備えることで、スペーシングを最小に制御できる。トラック方向に変位する圧電素子を備えることで、微少なトラック位置制御が可能となる。磁気ディスクの回転方向に変位する圧電素子を備えることで、再生信号のジッターを減少させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 空気浮上する磁気ヘッドスライダの空気流出端近傍に、電圧印加方向と直角方向に歪む圧電素子上に形成された記録再生素子を有する磁気ヘッドスライダを用いることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 2】 前記圧電素子は、前記記録再生素子と磁気ディスク媒体間方向（スペーシング方向）に歪むことを特徴とする請求項 1 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 3】 前記圧電素子は、磁気ディスクの半径方向（トラック方向）に歪むことを特徴とする請求項 1 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 4】 前記圧電素子は、前記記録再生素子と磁気ディスク媒体間方向（スペーシング方向）に歪む圧電素子と磁気ディスクの半径方向（トラック方向）に歪む圧電素子とを組み合わせることを特徴とする請求項 1 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 5】 空気浮上する磁気ヘッドスライダの空気流出端近傍に、電圧印加方向と平行に歪む圧電素子と電圧印加方向と直角方向に歪む圧電素子上に形成された記録再生素子を有する磁気ヘッドスライダを用いることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 6】 前記電圧印加方向と平行に歪む圧電素子は磁気ディスクの回転方向に変位し、前記電圧印加方向と直角方向に歪む圧電素子は前記記録再生素子と磁気ディスク媒体間方向（スペーシング方向）に変位することを特徴とする請求項 5 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 7】 前記電圧印加方向と平行に歪む圧電素子は磁気ディスクの回転方向に変位し、前記電圧印加方向と直角方向に歪む圧電素子は磁気ディスクの半径方向（トラック方向）に変位することを特徴とする請求項 5 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 8】 前記電圧印加方向と平行に歪む圧電素子は磁気ディスクの回転方向に変位し、前記電圧印加方向と直角方向に歪む圧電素子は磁気ディスクの回転方向と直角方向（トラック方向）に変位することを特徴とする請求項 5 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 9】 空気浮上型の磁気ヘッドスライダの空気流出側端面に、圧電素子の両側に 1 対の電極を形成してなる圧電アクチュエータを一方の電極が前記磁気ヘッドスライダの空気流出側端面に対向するように設けるとともに、前記圧電アクチュエータの他方の電極側に記録再生素子を前記電極に対して電気的に絶縁した状態で設けたことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 10】 前記圧電アクチュエータは、前記記録再生素子と磁気ディスク媒体間方向（スペーシング方向）に変位することを特徴とする請求項 9 記載の磁気ヘッド。

【請求項 11】 前記圧電アクチュエータは、磁気ディスクの半径方向（トラック方向）に変位することを特徴とする請求項 9 記載の磁気ヘッド。

【請求項 12】 前記圧電アクチュエータは、磁気ディスク媒体の回転方向に変位することを特徴とする請求項 9 記載の磁気ヘッド。

【請求項 13】 空気浮上型の磁気ヘッドスライダの空気流出側端面に、変位方向の異なる複数の圧電アクチュエータを積層して設けるとともに、積層された複数の圧電アクチュエータの一方の外側電極が前記磁気ヘッドスライダの空気流出側端面に対向するように設け、積層された複数の圧電アクチュエータの他方の外側電極側に記録再生素子を他方の外側電極に対して電気的に絶縁した状態で設けたことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 14】 前記変位方向の異なる複数の圧電アクチュエータは、スペーシング方向に変位する圧電アクチュエータとトラック方向に変位する圧電アクチュエータとからなることを特徴とする請求項 13 記載の磁気ヘッド。

【請求項 15】 前記変位方向の異なる複数の圧電アクチュエータは、磁気ディスクの回転方向に変位する圧電アクチュエータとスペーシング方向に変位する圧電アクチュエータとからなることを特徴とする請求項 13 記載の磁気ヘッド。

【請求項 16】 前記変位方向の異なる複数の圧電アクチュエータは、磁気ディスクの回転方向に変位する圧電アクチュエータとスペーシング方向に変位する圧電アクチュエータとトラック方向に変位する圧電アクチュエータとからなることを特徴とする請求項 13 記載の磁気ヘッド。

【請求項 17】 両面に電極膜を形成した圧電素子薄板を一方の電極膜を接着面として基板上に接着する工程と、前記圧電素子薄板の他方の電極上に絶縁薄膜を形成する工程と、前記絶縁薄膜の上に複数の記録再生素子を所定の間隔で形成する工程と、前記記録再生素子の上に絶縁薄膜を形成する工程と、前記各工程で製造された基板を切断して前記記録再生素子が 1 列になった列基板を作製する工程と、前記列基板の記録再生素子側側面を研磨する工程と、前記列基板の側面をエッチングして複数の浮上面を作製する工程と、前記列基板の側面に保護膜を形成する工程と、前記各工程で製造された列基板をスライダチップに切断する工程と、からなることを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 18】 両面に電極膜を形成した圧電素子薄板を一方の電極膜を接着面として基板上に接着する工程と、

前記圧電素子薄板の他方の電極上に絶縁薄膜を形成する工程と、

前記絶縁薄膜の上に複数の記録再生素子を所定の間隔で

形成する工程と、
前記記録再生素子の上に絶縁薄膜を形成する工程と、
前記各工程で製造された基板を切断して前記記録再生素子が1列になった列基板を作製する工程と、
前記列基板の記録再生素子側側面を研磨する工程と、
前記列基板の側面をエッチングして複数の浮上面を作製する工程と、
前記列基板の側面に保護膜を形成する工程と、
前記各工程で製造された列基板をスライダチップに切断する工程と、
前記スライダチップをジンバルばねに接着する工程と、
前記スライダチップに含まれる記録再生素子および圧電素子の各電極をジンバルばねに配線する工程と、
からなることを特徴とする磁気ディスク装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、磁気ディスク装置、磁気ヘッドおよびそれらの製造方法に係り、詳しくは、磁気ヘッドスライダに圧電素子を介して記録再生素子を取り付け、圧電素子を変位させることで記録再生素子の位置を微調整できるようにした磁気ヘッドおよびその製造方法ならびにその磁気ヘッドを用いた磁気ディスク装置およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】磁気ディスク装置では、磁気ディスク回転方向の記録密度（線記録密度）ならびに磁気ディスク半径方向の記録密度（トラック密度）を上げることが記録密度の向上に対して重要な要素になっている。

【0003】線記録密度を上げるには、磁気ヘッドの記録再生素子と磁気ディスク媒体との間隔（スペーシング）を狭める必要がある。浮上型スライダを用いた従来の磁気ディスク装置では、浮上型スライダの浮揚力を弱めることによって、スペーシングを狭めるようにしている。

【0004】図10は浮上型スライダを用いた従来の磁気ヘッド（従来の浮上型磁気ヘッド）の構造を示す斜視図である。図10は磁気ヘッドの浮上面（磁気ディスクと対向する面）を上にした状態を示している。符号20はスライダ、符号13は浮上面、符号21は記録再生素子である。

【0005】浮上型スライダの浮揚力を弱めた場合、スペーシングを磁気ディスク媒体の大きなうねりに追従させることができる。しかし、浮揚力を弱めた場合、磁気ヘッドスライダと同程度の寸法の表面形状（波長が数 μm ～数 mm 、周波数が数十キロヘルツ～数百キロヘルツ）に対してスペーシングを追従させることができない。このため、スペーシングの変動が生ずる。また、磁気ヘッドと磁気ディスク媒体とが接触して摩擦が生ずることがある。

【0006】また、従来の磁気ディスク装置では、トラック密度を上げるために、例えばロータリーアクチュエータによって支持ばねと磁気ヘッドスライダとを含むヘッドジンバルアセンブリを磁気ディスクの半径方向に駆動してトラック位置決めを行なっている。

【0007】しかしながら、ヘッドジンバルアセンブリを用いたものは、磁気ヘッドから遠く離れた位置からジンバルばね等の低剛性で共振周波数の低い構造を介して磁気ヘッド位置を制御する構造であるため、高速かつ高精度のトラック位置決めが困難である。

【0008】また、記録再生素子を磁気ディスクに接触させる構造では、記録再生素子と磁気ディスクとの摩擦力に抗して磁気ヘッドと移動させることになるので、高精度のトラック位置決めはより困難となる。

【0009】このように従来の磁気ディスク装置は、線記録密度とトラック密度とを同時に向上させることに關し充分ではなかった。このため、記録密度を向上させるために下記に示すように各種の提案がなされている。まず、主として線記録密度の向上を図るための従来技術を以下に示す。

【0010】Tribology and Mechanics of Magnetic Storage System, Volume 7, 1990年, 158～164頁には、浮上型磁気ヘッドスライダの背面に、駆動電界と平行に伸縮する圧電素子を埋め込み、この圧電素子に電界をかけることによってスペーシングを狭める手法が記載されている。

【0011】図11は浮上型磁気ヘッドスライダの背面に圧電素子を埋め込んだ従来の磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）の構造を示す斜視図、図12は浮上型磁気ヘッドスライダの背面に圧電素子を埋め込んだ従来の磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）の動作を示す説明図である。図11において、符号20はスライダ、符号21は記録再生素子、符号22は積層圧電素子、符号23は電極である。図12において、符号30は磁気ディスク媒体である。符号24aは圧電素子の変位方向を、符号24aは圧電素子の変位に伴う記録再生素子の変位方向を、符号17はスペーシング方向を示している。

【0012】特開平1-107385号公報には、磁気記録媒体と磁気ヘッドとの間の距離を変位センサで測定しつつ、この距離を一定に保つようアクチュエータを駆動させることにより、媒体とヘッドとの間隔を小さくするようにした磁気記録装置が記載されている。この磁気記録装置は次のように構成されている。磁気記録媒体と磁気ヘッドとの間隔は、光反射強度型変位計から出た光が光ファイバーを通して媒体表面で反射した時の戻り光の強度変化により測定される。磁気ヘッドは、光反射強度型変位計からの変位変動信号に基づきサーボ回路とアンプとにより駆動される圧電アクチュエータによって、一定の間隔で磁気記録媒体の表面に微小な一定距離をも

って追従する。このようにして磁気記録媒体と磁気ヘッド間の距離を交位センサーにより測定しつつ、距離を一定に保つように磁気ヘッドに取り付けたアクチュエータを駆動させることにより、非接触または極めて軽荷重で磁気記録媒体と磁気ヘッドの間隔を微小に保つことが可能となる。

【0013】特開平7-235157号公報には、磁気ヘッドと磁気ディスクとの距離を随時測定して一定に保ちながら信号の記録再生を行うことにより、浮上マージンを小さくし、より狭い浮上量での記録を可能にした磁気ディスク装置が記載されている。この磁気ディスク装置は次のように構成されている。磁気ディスク装置を起動し磁気ディスクを比較的低速で回転させると、磁気ヘッドは磁気ディスク表面上を浮上走行しながら搭載された再生素子で記録されている信号を読み取る。この読取信号の強度から詳細な浮上量変動を読み取り、圧電素子へ制御信号を送る。制御信号を受け取った圧電素子は縦方向に伸縮して、記録素子、再生素子を磁気ディスクから所定の距離を保ちながら表面の凹凸に沿って上下させ、浮上量を一定に保つ。従って、浮上量の設定値の低い、より高記録密度な磁気ディスク装置を得ることができる。また、磁気ヘッドと磁気ディスクの接触を防止することができる。

【0014】次に、主としてトラック密度の向上を図るための従来技術を以下に示す。

【0015】文献名は不明であるが、トラック密度を上げるために、磁気ヘッドスライダを支持している支持ばねを電磁アクチュエータによって駆動させる手法が提案されている。

【0016】日本機械学会通常総会講演会講演論文集(4)、1998年、208~209頁には、圧電素子からなるビームによって磁気ヘッドスライダ全体を駆動する手法が記載されている。

【0017】日本機械学会通常総会講演会講演論文集(4)、No. 91-1、1998年、210~211頁には、スライダ後端に設けた静電アクチュエータによって記録再生素子を駆動させる手法が記載されている。

【0018】特開平3-245315号公報には、ヘッドスライダ上に設けた駆動部材によってトランスデューサを位置決め方向(トラック幅方向)に変化させることにより、高速・高精度な位置決めを行なえるようにしたヘッドスライダが記載されている。このヘッドスライダは次のように構成されている。位置決め方向と直角方向に大きくその大きさを変化する圧電素子を駆動部材とし、さらにこの圧電素子の大きさの変化を位置決め方向のトランスデューサの変位量に変換する変換機構をスライダ上に設ける。変換機構は、トランスデューサに位置決め方向(トラック幅方向)とは垂直方向に生じる駆動部材の変形量を、トランスデューサの位置決め方向の変位量に変換する。これによって、駆動部材の形成で自由

度を増すことができる。

【0019】特開平6-176336号公報には、データのバレル転送を可能とし、高速データ転送が実現でき、さらに各記録再生素子毎にサーボがかけられるので、位置決め精度を高くして、トラック密度を高めることができるようにした磁気記録再生装置が記載されている。この磁気記録再生装置は次のように構成されている。スライダを構成するレール部材を圧電素子により接続し、レール間隔を可変にする。この構成のものを複数並べることにより多素子/スライダを実現する。装置内では、1素子1記録再生回路を設け同時記録再生を行う。またレール部材間の圧電素子を制御することにより、可変トラック密度にも対応する。

【0020】特開平7-73619号公報には、磁気ヘッド及びこれをトラッキング制御する磁気記録再生装置に関し、記録媒体におけるデータ領域の拡大、オフトラック制御の高精度化を図るようにした磁気ヘッド及びこれを使用する磁気記録再生装置が記載されている。この磁気ヘッド及びこれを使用する磁気記録再生装置は次のように構成されている。スライダの切欠部に、薄膜ヘッドが設けられた可動部を電歪変位により磁気ディスクの半径方向に移動させるピエゾ素子を設けて磁気ヘッドを構成する。そして、読取りデータの誤り検出に応じてピエゾ素子を駆動してオフトラックを制御する。これにより、記録媒体のデータ領域のサーボ情報を除去できる。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】図11に示したように、浮上型磁気ヘッドスライダの背面に駆動電界と平行に伸縮する圧電素子を埋め込み、この圧電素子に電界をかけることによってスペーシングを狭めるようにした磁気ヘッドでは、図12に示したように、記録再生素子が傾くために記録再生素子が磁気ヘッドスライダの最下点にこないことがある。言い換えれば、記録再生素子と磁気ディスク媒体との間に隙間が生ずることがある。また、この手法では、圧電素子が磁気ディスクの回転方向に伸縮する量が大きく、記録再生信号の時間変動(ジッター)が大きくなることがある。

【0022】特開平1-107385号公報に記載された手法、すなわち、磁気ヘッドを圧電アクチュエータによりスペーシング方向へ駆動する手法では、磁気ディスクのうねり(振幅が1~10 μ m、波長が数十~数百mm、周波数が数十~数百ヘルツ)に対して、圧電アクチュエータのみで追従させることが困難である。

【0023】特開平7-235157号公報に記載された磁気ディスク装置で用いられている磁気ヘッドは、磁気ヘッドスライダの後部に圧電素子を介して記録再生素子を下向きに取り付ける構造である。したがって、磁気ヘッドスライダごと圧電素子ならびに記録再生素子を取り付ける工程となるために、磁気ヘッドの大量生産に適した構造ではない。

【0024】磁気ヘッドスライダを支持している支持ばねを電磁アクチュエータによって駆動させる手法、ならびに、圧電素子からなるビームによって磁気ヘッドスライダ全体を駆動する手法は、共振周波数が低いという問題がある。また、駆動源と記録再生素子との間が離れているので、位置検出情報に用いる再生信号との遅れが生ずるという問題がある。

【0025】スライダ後端に設けた静電アクチュエータによって記録再生素子を駆動させる手法は、柔軟なばね構造を有しているため共振周波数が低く、また、駆動力が小さいために、記録再生素子を高速で駆動することが困難である。

【0026】特開平3-245315号公報に記載されたヘッドスライダは、トラック方向の位置決めを行なうことができるが、スペーシング方向の制御を行なうことはできない。

【0027】特開平6-176336号公報に記載された磁気記録再生装置は、多素子の同時トラッキングを行なうことができるが、スペーシング方向の制御を行なうことはできない。

【0028】特開平7-73619号公報に記載された磁気ヘッドは、スライダに切欠部を形成し、その切欠部にピエゾ素子（圧電素子）を介して薄膜ヘッドを取り付ける構造である。したがって、スライダごと圧電素子ならびに記録再生素子を取り付ける工程となるために、磁気ヘッドの大量生産に適した構造ではない。

【0029】また、磁気ヘッドの記録再生素子が磁気ディスク媒体の表面に接触する状態が最小のスペーシングであるが、そのような最小スペーシング状態でトラック位置決め精度を向上させることは、上述の従来技術では困難である。

【0030】

【発明の目的】この発明はこのような課題を解決するためなされたもので、磁気ディスク媒体の粗さからうねりに対しスペーシングが小さい状態で追従し、これによって線記録密度を大きくでき、かつ、量産性に優れた磁気ヘッドを提供することを目的とする。また、磁気ディスクの半径方向に高精度で位置決めができ、これによってトラック密度を大きくでき、かつ、量産性に優れた磁気ヘッドを提供することを目的とする。さらに、スペーシングが小さく、かつ、磁気ディスクの半径方向に高精度で位置決めができ、これによって線記録密度とトラック密度を同時に大きくできる磁気ヘッドを提供することを目的とする。また、これらの磁気ヘッドを大量生産するのに適した磁気ヘッドの製造方法、ならびに、これらの磁気ヘッドを用いて磁気ディスク装置を提供することを目的とする。

【0031】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る磁気ディスク装置は、空気浮上型の磁気ヘッドスライダの空気流

出端近傍に、電圧印加方向と直角方向に変位する圧電素子を設けるとともに、この圧電素子上に記録再生素子を設けた磁気ヘッドスライダを用いて構成される。電圧印加方向と直角方向に変位する圧電素子は、例えばすべり振動を利用したものである。

【0032】請求項1に係る磁気ディスク装置は、磁気ヘッドスライダに圧電素子を介して記録再生素子を取り付けたので、圧電素子に印加する電圧を制御し圧電素子の変位量を制御することで、記録再生素子の位置を変位させることができる。圧電素子を用いているので、記録再生素子の位置を高剛性で高速かつ高精度に制御することができる。

【0033】電圧の印加に対してスペーシング方向に変位する圧電素子を用いることで、記録再生素子と磁気ディスク媒体との間隔（スペーシング）を制御することができる。記録再生素子が磁気ディスク媒体の表面に軽接触するように圧電素子の変位量を制御することで、スペーシングを最小に保つことができる。圧電素子を用いているので、高剛性で高速かつ高精度のスペーシング制御が可能である。

【0034】電圧の印加に対して磁気ディスク媒体の半径方向（トラック方向）に変位する圧電素子を用いることで、記録再生素子のトラック方向位置を制御することができる。圧電素子を用いているので、高剛性で高速かつ高精度のトラック位置決め制御が可能である。

【0035】電圧の印加に対してスペーシング方向に変位する圧電素子と電圧の印加に対してトラック方向に変位する圧電素子とを積層することで、記録再生素子を2方向に変位させることができる。これにより、記録再生素子と磁気ディスク媒体との隙間制御（スペーシング制御）ならびにトラック位置決め制御を高剛性で高速かつ高精度に行なうことができる。スペーシング制御ならびにトラック位置決め制御を同時にかつ互いの動きに干渉されことなく行なうことができる。

【0036】請求項5に係る磁気ディスク装置は、空気浮上型の磁気ヘッドスライダの空気流出端近傍に、電圧印加方向と平行方向に歪む圧電素子と電圧印加方向と直角方向に歪む圧電素子を設けるとともに、これらの圧電素子を介して記録再生素子を取り付けた磁気ヘッドスライダを用いて構成される。

【0037】請求項5に係る磁気ディスク装置は、変位方向の異なる2つの圧電素子を介して記録再生素子を取り付けたので、記録再生素子の位置を2方向に制御することができる。圧電素子を用いているので、記録再生素子の位置を高剛性で高速かつ高精度に制御することができる。2方向の位置制御を互いの動きに干渉されことなく行なうことができる。2方向の位置制御を同時に行なうことができる。

【0038】磁気ディスク媒体の回転方向に変位する圧電素子とスペーシング方向に変位する圧電素子とを備え

ることで、記録再生素子のディスク回転方向の位置とスペーシング方向の位置とを制御することができる。記録再生素子のディスク回転方向の位置を制御することで記録再生信号のジッターを減少させることができる。記録再生素子のスペーシング方向の位置を制御することで、スペーシングを最小に保つことができる。圧電素子を用いているので、記録再生素子のディスク回転方向の位置制御、ならびに、スペーシング制御を高剛性で高速かつ高精度に行なうことができる。記録再生素子のディスク回転方向の位置制御、ならびに、スペーシング制御を同時に、かつ、互いの動きに干渉されることがなく行なうことができる。

【0039】磁気ディスク媒体の回転方向に変位する圧電素子とトラック方向に変位する圧電素子とを備えることで、記録再生素子のディスク回転方向の位置とトラック方向の位置とを制御することができる。記録再生素子のディスク回転方向の位置を制御することで記録再生信号のジッターを減少させることができる。記録再生素子のトラック方向の位置を制御することでトラック位置決めを行なうことができる。圧電素子を用いているので、記録再生素子のディスク回転方向の位置制御、ならびに、トラック位置決め制御を高剛性で高速かつ高精度に行なうことができる。記録再生素子のディスク回転方向の位置制御、ならびに、トラック位置決め制御を同時に、かつ、互いの動きに干渉されることがなく行なうことができる。

【0040】請求項9に係る磁気ヘッドは、空気浮上型の磁気ヘッドスライダの空気流出側端面に、圧電アクチュエータをその一方の電極を対向させて設け、圧電アクチュエータの他方の電極側の記録再生素子を設けて構成される。

【0041】このような構造にすることで、スライダ基板上に圧電アクチュエータを形成し、さらに複数の記録再生素子を所定間隔で形成した後に、スライダ基板を切断分割することで、複数の磁気ヘッドを製造することができる。

【0042】スペーシング方向に変位する圧電アクチュエータを備えることで、記録再生素子のスペーシング方向の位置を制御することができる。

【0043】トラック方向に変位する圧電アクチュエータを備えることで、記録再生素子のトラック位置決め制御を行なうことができる。

【0044】磁気ディスク媒体の回転方向に変位する圧電アクチュエータを備えることで、記録再生素子の磁気ディスク媒体の回転方向の位置を制御することができる。

【0045】請求項13に係る磁気ヘッドは、空気浮上型の磁気ヘッドスライダの空気流出側端面に、変位方向の異なる複数の圧電アクチュエータを積層して設けるとともに、積層された複数の圧電アクチュエータの一方の

外側電極が前記磁気ヘッドスライダの空気流出側端面に対向するよう設け、積層された複数の圧電アクチュエータの他方の外側電極側に記録再生素子を設けて構成される。

【0046】このような構造にすることで、スライダ基板上に複数の圧電アクチュエータを積層して形成し、さらに複数の記録再生素子を所定間隔で形成した後に、スライダ基板を切断分割することで、複数の磁気ヘッドを製造することができる。

【0047】スペーシング方向に変位する圧電アクチュエータとトラック方向に変位する圧電アクチュエータとを備えることで、記録再生素子のスペーシング方向の位置制御と記録再生素子のトラック位置決め制御とを行なうことができる。

【0048】磁気ディスクの回転方向に変位する圧電アクチュエータとスペーシング方向に変位する圧電アクチュエータとを備えることで、記録再生素子の磁気ディスクの回転方向位置と記録再生素子のスペーシング方向の位置制御とを行なうことができる。

【0049】磁気ディスクの回転方向に変位する圧電アクチュエータとスペーシング方向に変位する圧電アクチュエータとトラック方向に変位する圧電アクチュエータとを備えることで、記録再生素子の磁気ディスクの回転方向位置と記録再生素子のスペーシング方向の位置制御とトラック位置決め制御とを行なうことができる。

【0050】請求項17に係る磁気ヘッドの製造方法は、両面に電極膜を形成した圧電素子薄板を一方の電極膜を接着面として基板上に接着する工程と、圧電素子薄板の他方の電極上に絶縁薄膜を形成する工程と、絶縁薄膜の上に複数の記録再生素子を所定の間隔で形成する工程と、記録再生素子の上に絶縁薄膜を形成する工程と、前記各工程で製造された基板を切断して記録再生素子が1列になった列基板を作製する工程と、列基板の記録再生素子側側面を研磨する工程と、列基板の側面をエッチングして複数の浮上面を作製する工程と、列基板の側面に保護膜を形成する工程と、各工程で製造された列基板をスライダチップに切断する工程とからなる。

【0051】このような工程をとることで複数の磁気ヘッドを経済的に製造することができる。

【0052】請求項18に係る磁気ディスク装置の製造方法は、前記磁気ヘッドの製造方法によって製造された磁気ヘッド（スライダチップ）をジンバルばねに接着する工程と、磁気ヘッド（スライダチップ）に含まれる記録再生素子および圧電素子の各電極をジンバルばねに配線する工程とからなる。

【0053】請求項18に係る磁気ディスク装置の製造方法は、前記磁気ヘッドの製造方法によって製造された磁気ヘッドを用いて磁気ディスク装置を製造するので、高記録密度でかつ機械的信頼性の高い磁気ディスク装置を経済的に提供することができる。

【0054】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を添付図面に基つて説明する。

【0055】図1はこの発明に係る磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）の第1実施形態を示す斜視図である。図1は磁気ヘッドの浮上面（磁気ディスクと対向する面）を上にした状態を示している。図1に示す磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）1は、スライダ基板11と、各電極15a、15bに挟まれた圧電素子14と、記録再生素子12とからなる。スライダ基板11の表面に浮上

面13を形成している。【0056】圧電素子14は、スライダ基板11に後端面（空気流出側端面）に、圧電素子14の一方の電極15aを対向させて取り付けられている。圧電素子14の他方の電極15b側に記録再生素子12を設けている。

【0057】圧電素子14は、各電極間15a、15bに電界を加えると変位する。圧電素子14の分極方向16が電界と直角方向の場合、電界と直角方向に変位する。図1に示した磁気ヘッド1は、分極方向16が磁気ヘッドスライダと磁気ディスク媒体の隙間（スペーシング）方向である圧電素子14を用いている。したがって、圧電素子14に電界をかけたとき記録再生素子12はスペーシング方向17に変位する。

【0058】図2はこの発明に係る磁気ディスク装置の概略構造を示す説明図である。磁気ディスク装置40は、磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）1と、支持ばね31と、回転アクチュエータ41と、磁気ディスク媒体30と、図示しないスピンドルモータと、図示しない制御装置等からなる。

【0059】この発明に係る磁気ディスク装置40は、圧電素子14に加える電界をスペーシングが最小になるよう制御する。制御信号は、再生信号を用いてもよいし、磁気ヘッド1と磁気ディスク媒体との接触によって生ずる弾性音響波（AE波）が圧電素子に発生させる高周波の電界を用いてもよい。また、光反射強度の変化、光ドップラー効果、光干渉、ニアフィールド光、または渦電流などを利用した変位信号を利用できる。

【0060】スペーシングを最小にするには、磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）1を磁気ディスク媒体30に軽微に接触させるのが最も望ましい。過度の接触は摩耗の原因となる。非接触にすると記録密度の低下を生ずる。

【0061】実際には、磁気ヘッドスライダのスペーシングには変動が存在する。変動の平均位置を相対位置ゼロとして接触開始点に合せると、正の変動分dはスペーシングSになり、負の変動分dはスライダの剛性をGとすると次の式により接触力Fに変換される。 $F = |G \cdot d|$

【0062】接触力は摩耗に比例するので、変動量dを小さくすることがスペーシングも小さくできるので重要

となる。磁気ヘッドスライダの剛性は支持ばね、スライダの大きさ、および浮上面の形状が同じであれば、同じ値となる。

【0063】図10に示したような従来の磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）では、スペーシングが30nm以下になると、変動量をスペーシング以下にすることが困難になる。図10に示す従来の磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）を組み込んだ磁気ディスク装置では、再生動作100時間後の再生信号の変動量は50%に達し、摩耗痕が観察された。

【0064】これに対し、図1に示した本発明に係る磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）1を組み込んだ磁気ディスク装置（本発明に係る磁気ディスク装置）では、再生動作100時間後の再生信号の変動量は5%以下である。本発明に係る磁気ディスク装置では、スペーシングの値は0~1nmの極めて小さな値が得られ、またスペーシングの変動も軽微である。

【0065】図11に示した従来の磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）は、スライダ20の上部に埋め込まれた積層圧電素子22が各電極23間に印加された電界と平行に伸縮して記録再生素子21をたわませることにより、記録再生素子21を磁気ディスク媒体30へ近づける構造である。このため図12に示すように、磁気ディスク媒体30に対して記録再生素子21が傾くために、小さなスペーシングが得られない。また、記録再生素子21が磁気ディスク媒体30の回転方向に変位することになるので、再生出力の時間変動（ジッター）が大きくなる。

【0066】これに対し本発明に係る磁気ヘッドならびに磁気ディスク装置では、図1に示したように、スペーシング方向17に変位する圧電素子14を介して記録再生素子12を取り付けているので、記録再生素子12をスペーシング方向17へ変位させることができる。したがって、スペーシング制御に伴って再生出力の時間変動（ジッター）が生ずることはない。

【0067】図3はこの発明に係る磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）の第2実施形態を示す斜視図である。図2に示す磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）2は、スライダ基板11の表面に浮上面13が形成されている。また、この磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）2は、スライダ基板11の後端面に、各電極15a、15bに挟まれた圧電素子141が設けられるとともに、圧電素子141を介して記録再生素子12が設けられている。圧電素子141は、分極方向161が電界の方向と直角方向のものをを用いている。

【0068】図3に示した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）2は、圧電素子141の分極方向161を磁気ディスク媒体の半径方向（トラック方向）にしているの

で、各電極15a、15b間に電界をかけることで、記録再生素子12をトラック方向変位させることができ

る。圧電素子141に印加する電界は、記録再生素子12が記録トラックに合うように位置決め制御される。制御信号は再生信号を用いる。

【0069】図3に示した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）2を、図2に示した支持ばね31と回転アクチュエータ41と磁気ディスク媒体30と組み合わせて磁気ディスク装置40を作製し、記録再生特性の測定を行なった。

【0070】回転アクチュエータのみでトラック位置決めを行なった場合、2 μ m程度のトラック位置決めが限界であるが、図3に示した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）2を用い圧電素子141によるトラック方向位置制御を併用することで、10nmの極めて優れたトラック位置決めが可能となる。

【0071】日本機械学会通常総会講演会講演論文集（4）、No. 91-1、1998年、210～211頁で開示された手法（静電アクチュエータにより記録再生素子を駆動させてトラック位置決めする手法）では、静電アクチュエータの駆動力が小さいため剛性の小さい梁構造を介さざるを得ないため15kHz程度の共振周波数程度しか得られない。

【0072】日本機械学会通常総会講演会講演論文集（4）、1998年、208～209頁で開示された手法（圧電素子からなるビームによって磁気ヘッドスライダ全体を駆動する手法）では、ビーム構造の剛性が低いので共振周波数は20kHz程度しか上げられない。

【0073】これに対して、図3に示した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）2を用いることで、剛性を高くすることができ、500kHz以上の高い共振周波数を得ることができる。

【0074】図4はこの発明に係る磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）の第3実施形態を示す斜視図である。図4に示す磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）3は、スライダ基板11の表面に浮上面13が形成されている。また、この磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）3は、スライダ基板11の後端面に、一方の電極15aと共通電極15bとに挟まれた圧電素子14と、共通電極15bと他方の電極15cとに挟まれた圧電素子141とが積層されるとともに、他方の電極15c側に記録再生素子12が設けられている。

【0075】一方の圧電素子14は、分極方向16がスペーシング方向17のものをを用いている。他方の圧電素子141は、分極方向161がトラック方向18のものをを用いている。2つの圧電素子14、141の分極方向16、161がスペーシング方向17とトラック方向18と互いに直角をなしているので、各圧電素子14、141にそれぞれ電界をかけることで記録再生素子12をスペーシング方向17とトラック方向18との2方向へ変位させることができる。

【0076】一方の圧電素子14に印加する電界は、ス

ペーシングが最小になるよう制御される。他方の圧電素子141に印加する電界は、記録再生素子12が記録トラックに合うように制御される。駆動系の剛性が高いので、スペーシング方向変位とトラック方向変位とが干渉されることがない。それぞれの共振周波数は500kHz以上である。図1に示した磁気ヘッド1ならびに図3に示した磁気ヘッド2のように圧電素子を1組だけ設けたものの共振周波数と同じである。

【0077】図4に示した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）3を用いて図2に示した磁気ディスク装置40を構成し、記録再生特性の測定を行なった。その結果、図1に示した磁気ヘッド1を用いた場合と同様に、記録再生信号の変動量が小さく、また、図3に示した磁気ヘッド2を用いた場合と同様に、高いトラック位置決め精度が得られることが確認された。

【0078】図5はこの発明に係る磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）の第4実施形態を示す斜視図である。図5に示す磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）4は、浮上面13を備えたスライダ基板11の後端面（空気流出側端面）に、第1の圧電素子50と第2の圧電素子14と記録再生素子12を備えてなる。

【0079】第1の圧電素子50は、分極方向162が電界の方向と平行であり、磁気ディスク媒体の回転方向（ディスク回転方向）19に変位するものをを用いている。第2の圧電素子14は、分極方向16が電界の方向と直角であり、スペーシング方向17に変位するものをを用いている。

【0080】図5に示した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）4を用いることで、記録再生素子12を磁気ディスク媒体の回転方向へ変位させるとともに、記録再生素子12をスペーシング方向へ変位させることができる。第1の圧電素子50に印加する電界は、記録再生素子12の再生信号に基づいて再生出力の時間変動（ジッター）が最小となるよう制御する。第2の圧電素子14に印加する電界は、スペーシングが最小となるよう制御する。

【0081】図6はこの発明に係る磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）の第5実施形態を示す斜視図である。図6に示す磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）5は、浮上面13を備えたスライダ基板11の後端面（空気流出側端面）に、第1の圧電素子50と第2の圧電素子141と記録再生素子12を備えてなる。

【0082】第1の圧電素子50は、分極方向162が電界の方向と平行であり、磁気ディスク媒体の回転方向（ディスク回転方向）19に変位するものをを用いている。第2の圧電素子141は、分極方向161が電界の方向と直角であり、トラック方向18に変位するものをを用いている。

【0083】図6に示した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）5を用いることで、記録再生素子12を磁気ディ

スク媒体の回転方向へ変位させるとともに、記録再生素子12をトラック方向へ変位させることができる。第1の圧電素子50に印加する電界は、記録再生素子12の再生信号に基づいて再生出力の時間変動（ジッター）が最小となるよう制御する。第2の圧電素子141に印加する電界は、記録再生素子12が記録トラックに合うように制御する。

【0084】図7に示す磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）6は、浮上面13を備えたスライダ基板11の後端面（空気流出側端面）に、第1の圧電素子50と第2の圧電素子14と第3の圧電素子141と記録再生素子12を備えてなる。符号15a～15dは電極である。

【0085】第1の圧電素子50は、分極方向162が電界の方向と平行であり、磁気ディスク媒体の回転方向（ディスク回転方向）19に変位するものを用いている。第2の圧電素子14は、分極方向16が電界の方向と直角であり、スペーシング方向17へ変位するものを用いている。第3の圧電素子141は、分極方向161が電界の方向と直角であり、トラック方向18に変位するものを用いている。なお、各圧電素子50、14、141の順序は任意であり、例えば、ディスク回転方向19に変位する圧電素子50、トラック方向18に変位する圧電素子141、スペーシング方向17に変位する圧電素子14の順としてもよい。

【0086】図6に示した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）6を用いることで、記録再生素子12をディスク回転方向19とスペーシング方向17とトラック方向18との3方向に変位させることができる。第1の圧電素子50に印加する電界は、記録再生素子12の再生信号に基づいて再生出力の時間変動（ジッター）が最小となるよう制御する。第2の圧電素子14に印加する電界は、スペーシングが最小になるよう制御する。第3の圧電素子141に印加する電界は、記録再生素子12が記録トラックに合うように制御する。

【0087】図5～図7に示した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）4、5、6を用いることで、ジッターを図1、図3、図4に示した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）1、2、3を用いた場合の1/10に減少させることができた。なお、図5～図7に示した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）4、5、6を用いても、スペーシング変動やトラック位置決め精度に影響はなかった。

【0088】図8は図7に示した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）と磁気ディスク媒体との相対関係を示す説明図である。図7に示した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）6を用いて磁気ディスク装置を構成することで、記録再生素子12の位置をスペーシング方向17、トラック方向18、ディスク回転方向19の3方向へ変位させることができる。

【0089】図9は図7に示した係る磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）の製造工程を示す説明図である。図9

（a）はウエハ基板60を、図9（b）は電極、圧電素子貼り合せ基板61を、図9（c）は記録再生素子形成基板62を、図9（d）は浮上面形成ロー（浮上面形成列基板）63を、図9（e）はスライダチップ64を示している。図9（f）は上記の各工程によって作製された磁気ヘッド完成品（磁気ヘッドスライダ完成品）65の拡大図を浮上面を上向きにした状態で示している。

【0090】アルミナ・炭化チタン焼結体、アルミナ・チタニア焼結体、アルミナ・炭化珪素焼結体、アルミナ・炭化タングステン焼結体、キュービック窒化硼素、シリコン・炭化珪素焼結体、チタン酸バリウム、チタン酸カルシウム、ジルコニア、炭化珪素、シリコン、ダイヤモンド、グラッシーカーボン、または、フェライトなどからなるウエハ基板60の上に、金、白金、銅などで形成した各電極（電極膜）15a～15dで挟んだ各圧電素子50、14、141を接着剤で貼り付け、その上にアルミナ、Si、N、またはSiO₂などの絶縁層70を設け、絶縁層70の表面を研磨により鏡面に平滑化して電極、圧電素子貼り合わせ基板61を作製する。

【0091】なお、ウエハ基板60が導電性を有する場合は、ウエハ基板60と電極（電極膜）15aとの間に、アルミナ、Si、N、またはSiO₂などの絶縁層を設ける。

【0092】チタン酸ジルコン酸鉛、チタン酸バリウムなどの薄板からなる圧電素子14、141は、板面内方向に電界をかけて分極させてある。また、同様な材料からなる圧電素子50は、板厚方向に電界をかけて分極させてある。

【0093】これ以降の工程は、通常の薄膜ヘッドの製法がそのまま適用できる。すなわち、電極、圧電素子貼り合わせ基板61の絶縁膜70上に、記録再生素子12をリソグラフィー工程を用いて形成し、記録再生素子形成基板62を作製する。

【0094】次に、記録再生素子形成基板62を記録再生素子の1列を形成するように切断し、その端面を研磨により鏡面平滑化し、リソグラフィー工程によって各浮上面13を形成して、浮上面形成ロー（浮上面形成列基板）63を作製する。

【0095】次に、浮上面形成ロー（浮上面形成列基板）63を切断して、スライダチップ64を作製する。これにより、磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）7が製作される。

【0096】以上の工程で作製した磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）を、図2に示すように、支持ばね31、回転アクチュエータ41、磁気ディスク媒体30と組み合わせ、磁気ディスク装置40を作製する。

【0097】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、磁気ヘッドは、空気浮上する磁気ヘッドスライダと記録再生素子を磁気ディスク媒体に近づける機構と記録再生素

子を磁気ディスク半径方向に駆動する機構という構成に対し、空気浮上する磁気ヘッドスライダの空気流出端近傍に電圧印加方向と直角方向に歪む圧電素子上に形成された記録再生素子を有する、または、空気浮上する磁気ヘッドスライダの空気流出端近傍に電圧印加方向と平行方向に歪む圧電素子と電圧印加方向と直角方向に歪む圧電素子上に形成された記録再生素子を有するという基本構成に基づき、微少なスペーシング、高精度のトラック位置決め、および、磁気ディスク媒体の回転方向の振動抑制を実現した磁気ディスク装置が提供される。

【0098】請求項1に係る磁気ディスク装置は、磁気ヘッドスライダに圧電素子を介して記録再生素子を取り付けたので、圧電素子に印加する電圧を制御し圧電素子の変位量を制御することで、記録再生素子の位置を変位させることができる。圧電素子を用いているので、記録再生素子の位置を高剛性で高速かつ高精度に制御することができる。

【0099】電圧の印加に対してスペーシング方向に変位する圧電素子を用いることで、記録再生素子と磁気ディスク媒体との間隔（スペーシング）を制御することができる。記録再生素子が磁気ディスク媒体の表面に軽接触するように圧電素子の変位量を制御することで、スペーシングを最小に保つことができる。

【0100】電圧の印加に対して磁気ディスク媒体の半径方向（トラック方向）に変位する圧電素子を用いることで、記録再生素子のトラック方向位置を制御することができる。

【0101】電圧の印加に対してスペーシング方向に変位する圧電素子と電圧の印加に対してトラック方向に変位する圧電素子とを設けることで、記録再生素子を2方向に変位させることができる。これにより、記録再生素子と磁気ディスク媒体との隙間制御（スペーシング制御）ならびにトラック位置決め制御を高剛性で高速かつ高精度に行なうことができる。スペーシング制御ならびにトラック位置決め制御を同時にかつ互いの動きに干渉されることがなく行なうことができる。

【0102】請求項5に係る磁気ディスク装置は、変位方向の異なる2つの圧電素子を介して記録再生素子を取り付けたので、記録再生素子の位置を2方向に制御することができる。圧電素子を用いているので、記録再生素子の位置を高剛性で高速かつ高精度に制御することができる。2方向の位置制御を互いの動きに干渉されることがなく行なうことができる。2方向の位置制御を同時にに行なうことができる。

【0103】磁気ディスク媒体の回転方向に変位する圧電素子とスペーシング方向に変位する圧電素子とを備えることで、記録再生素子のディスク回転方向の位置とスペーシング方向の位置とを制御することができる。記録再生素子のディスク回転方向の位置を制御することで記録再生信号のジッターを減少させることができる。記録

再生素子のスペーシング方向の位置を制御することで、スペーシングを最小に保つことができる。

【0104】磁気ディスク媒体の回転方向に変位する圧電素子とトラック方向に変位する圧電素子とを備えることで、記録再生素子のディスク回転方向の位置とトラック方向の位置とを制御することができる。記録再生素子のディスク回転方向の位置を制御することで記録再生信号のジッターを減少させることができる。記録再生素子のトラック方向の位置を制御することでトラック位置決めを行なうことができる。

【0105】請求項9に係る磁気ヘッドは、空気浮上型の磁気ヘッドスライダの空気流出側端面に、圧電アクチュエータをその一方の電極を対向させて設け、圧電アクチュエータの他方の電極側の記録再生素子を設ける構造としたので、スライダ基板上に圧電アクチュエータを形成し、さらに複数の記録再生素子を所定間隔で形成した後、スライダ基板を切断分割することで、複数の磁気ヘッドを製造することができる。

【0106】請求項13に係る磁気ヘッドは、空気浮上型の磁気ヘッドスライダの空気流出側端面に、変位方向の異なる複数の圧電アクチュエータを積層して設けるとともに、積層された複数の圧電アクチュエータの一方の外側電極が前記磁気ヘッドスライダの空気流出側端面に対向するように設け、積層された複数の圧電アクチュエータの他方の外側電極側に記録再生素子を設ける構造としたので、スライダ基板上に複数の圧電アクチュエータを積層して形成し、さらに複数の記録再生素子を所定間隔で形成した後、スライダ基板を切断分割することで、複数の磁気ヘッドを製造することができる。

【0107】請求項17に係る磁気ヘッドの製造方法は、スライダ基板上に圧電素子、複数の記録再生素子を形成した後、記録再生素子が1列になった列基板を作製し、列基板の側面に複数の浮上面を作製した後、列基板をスライダチップに切断するようにしたので、複数の磁気ヘッドを経済的に製造することができる。

【0108】請求項18に係る磁気ディスク装置の製造方法は、前記磁気ヘッドの製造方法によって製造された磁気ヘッドを用いて磁気ディスク装置を製造するようにしたので、高記録密度でかつ機械的信頼性の高い磁気ディスク装置を経済的に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）の第1実施形態を示す斜視図である。

【図2】この発明に係る磁気ディスク装置の概略構造を示す説明図である。

【図3】この発明に係る磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）の第2実施形態を示す斜視図である。

【図4】この発明に係る磁気ヘッド（磁気ヘッドスライダ）の第3実施形態を示す斜視図である。

【図5】この発明に係る磁気ヘッド（磁気ヘッドスライ

ダ)の第4実施形態を示す斜視図である。

【図6】この発明に係る磁気ヘッド(磁気ヘッドスライダ)の第5実施形態を示す斜視図である。

【図7】この発明に係る磁気ヘッド(磁気ヘッドスライダ)の第6実施形態を示す斜視図である。

【図8】図7に示した磁気ヘッド(磁気ヘッドスライダ)と磁気ディスク媒体との相対関係を示す説明図である。

【図9】図7に示した磁気ヘッド(磁気ヘッドスライダ)の製造工程を示す説明図であり、図9(a)～図9(f)の順に工程が進行する。

【図10】浮上型スライダを用いた従来の磁気ヘッド(従来の浮上型磁気ヘッド)の構造を示す斜視図である。

【図11】浮上型磁気ヘッドスライダの背面に圧電素子を埋め込んだ従来の磁気ヘッド(磁気ヘッドスライダ)の構造を示す斜視図である。

【図12】浮上型磁気ヘッドスライダの背面に圧電素子を埋め込んだ従来の磁気ヘッド(磁気ヘッドスライダ)の動作を示す説明図である。

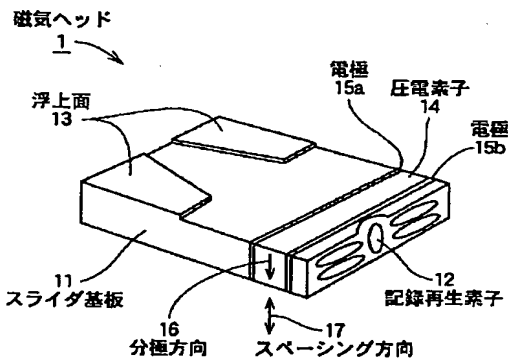
【符号の説明】

1, 2, 3, 4, 5, 6 磁気ヘッド(磁気ヘッドスラ*

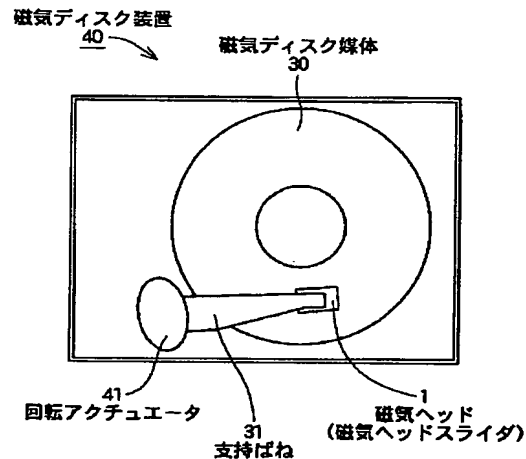
*イダ)

- 11 スライダ基板
- 12 記録再生素子
- 13 浮上面
- 14, 141, 50 圧電素子
- 15a, 15b, 15c, 15d 電極
- 16, 161, 162 圧電素子の分極方向
- 17 スペーシング方向
- 18 トラック方向
- 19 ディスク回転方向
- 30 磁気ディスク媒体
- 31 支持ばね
- 40 磁気ディスク装置
- 41 回転アクチュエータ
- 60 ウェハ基板
- 61 電極、圧電素子貼り合わせ基板
- 62 記録再生素子形成基板
- 63 浮上面形成ロー(浮上面形成列基板)
- 64 スライダチップ
- 20 65 磁気ヘッド(磁気ヘッドスライダ)完成品
- 70 絶縁層

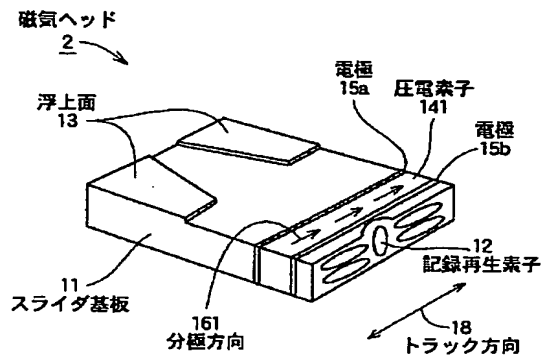
【図1】



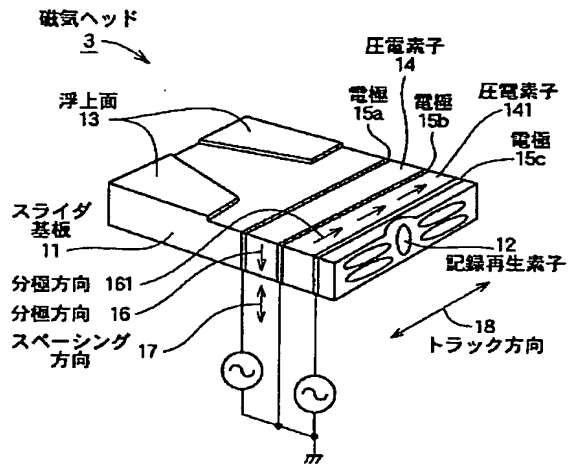
【図2】



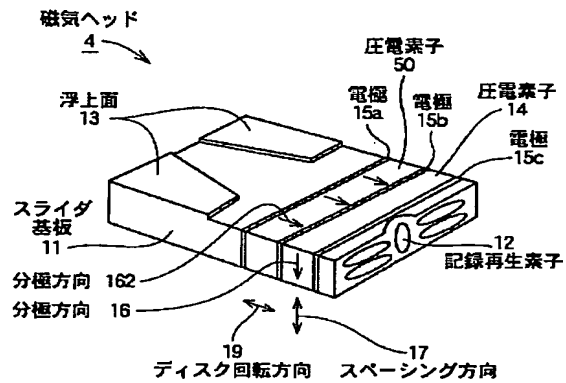
【図3】



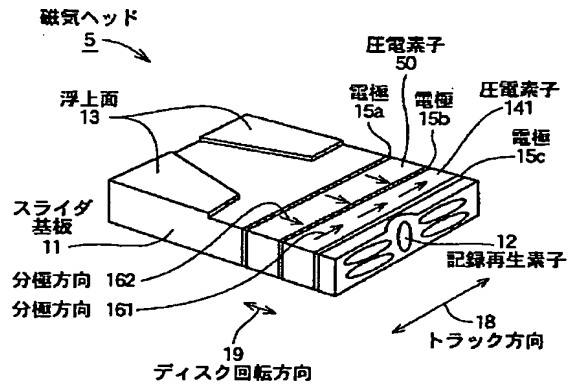
【図4】



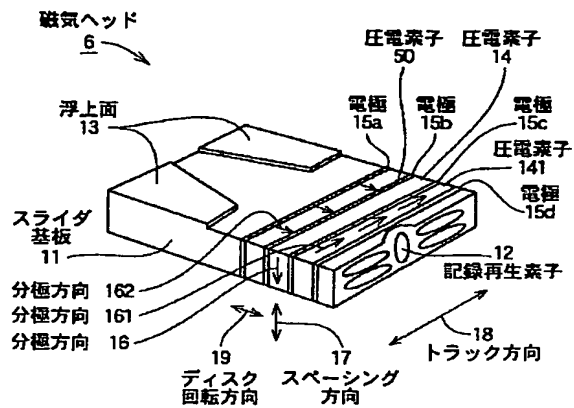
【図5】



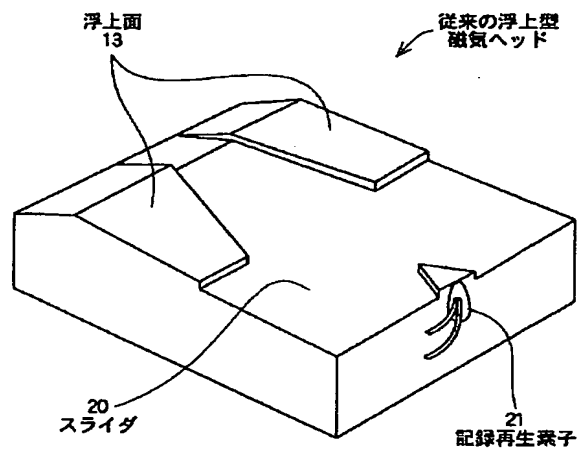
【図6】



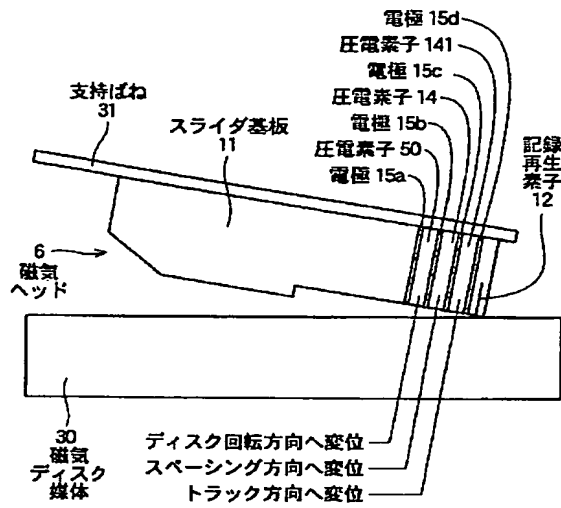
【図7】



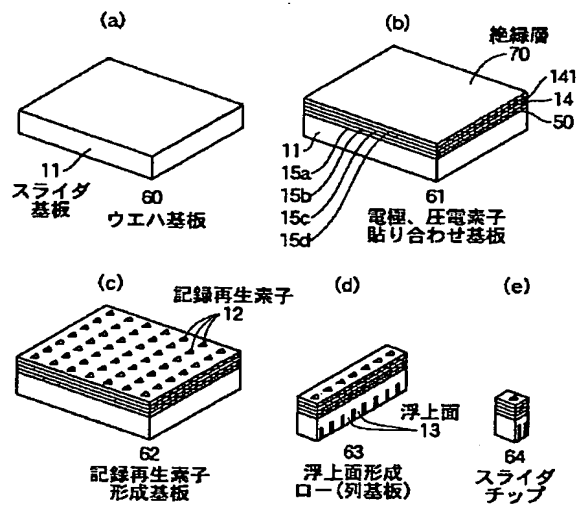
【図10】



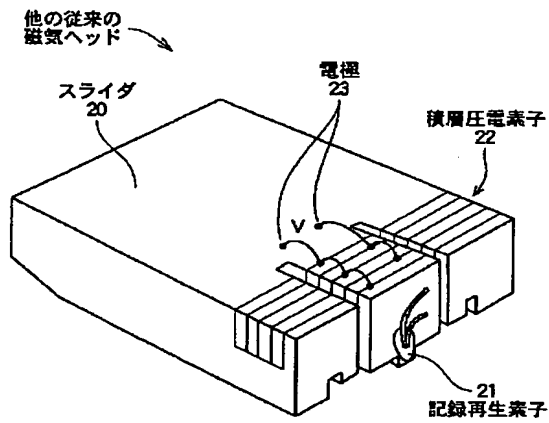
【図8】



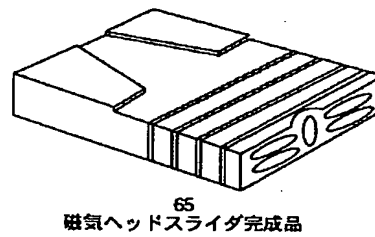
【図9】



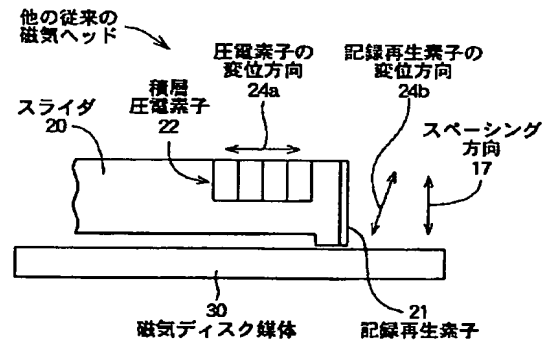
【図11】



(f)



【図12】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.